

„ RUDARSTVO 2020“

11. simpozijum sa međunarodnim učešćem

“MINING 2020“

11st Symposium with international participation

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

Hotel „ Fontana “, Vrnjačka Banja
8. - 11. septembar 2020.

ZBORNIK RADOVA / *PROCEEDINGS*
RUDARSTVO 2020 / *PROCEEDINGS*

Organizatori:

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina
Privredna komora Srbije

Izdavač / Publisher

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

Urednik / Editor

Miroslav Ignjatović

Štampa / Printed by

Akadska izdanja doo, Beograd

Tiraž / Copies

180

Beograd, 2020

NAUČNI ODBOR

prof.dr Ljubiša Andrić, ITNMS, Beograd, dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije;
dr Dragan Radulović, ITNMS, Beograd; prof.dr Grozdanka Bogdanović, Tehnički fakultet;
dr Branislav Marković, ITNMS, Beograd; prof.dr Milena Kostović, RGF, Beograd; prof. dr
Jovica Sokolović, Tehnički fakultet, Bor; prof.dr Predrag Jovančić, RGF, Beograd; dr Slavica
Mihajlović, ITNMS, Beograd; dr Dragana Ranđelović, ITNMS, Beograd; dr Vladimir
Jovanović, ITNMS, Beograd; dr Nevad Ikanović, JP Elektroprivreda BiH; prof.dr Omer Musić,
RGG fakultet, Tuzla; dr Zlatko Dragosavljević, rudnik GROT; dr Milenko Ljubojev, IRM Bor; dr
Zajim Hrvat, JP Elektroprivreda BiH; prof. dr Miodrag Denić, Tehnički fakultet, Bor; Prof.dr
Marina Dojčinović, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd; dr Edin Lapandić, JP
Elektroprivreda BiH; dr Miro Maksimović, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Rada Krgović, JP EPS,
Ogranak RB Kolubara; dr Aleksandra Patarić, ITNMS, Beograd; dr Branko Petrović, JP
EPS, Ogranak RB Kolubara; mr Šefik Sarajlić, RMU Đurđevik; dr Jovica Stojanović, ITNMS,
Beograd; dr Dimšo Milošević, RiT „Ugljevik“, Ugljevik; dr Milisav Tomić, JP EPS, Ogranak RB
Kolubara; dr Halid Čičkušić, ZDR „Kreka“, BiH; mr Žarko Nestorović, JPEPS, Ogranak HE
Đerdap; dr Dragan Milanović, IRM Bor; dr Duško Đukanović, JP PEU, Resavica

PROGRAMSKI ODBOR

dr Miroslav Ignjatović, Privredna komora Srbije; Aco Ilić, rudnik Rudnik; dr Dragan
Radulović, ITNMS, Beograd; Jovica Radisavljević, Zijin Bor Copper doo Bor; Saša
Ognjanović, JP PEU, Resavica; Filip Todorović, JP EPS, Ogranak TEKO Kostolac; Borivoje
Stojadinović, IRM Bor; Miloš Đokanović, Alumina Zvornik, R. Srpska; Zoran Vuković, JP EPS;
Nenad Grubin, Rio Sava Exploration; mr Jadranka Vukašinović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara
Ivan Filipov, rudnik Kovin; Drago Vasović, rudnik Veliki Majdan

SADRŽAJ / CONTENTS:

Plenarna predavanja / Plenary Presentations

PROBLEMATIKA UPRAVLJANJA RUDARSKIM OTPADOM U PODZEMNIM RUDNICIMA UGLJA U SRBIJI / PROBLEMS OF MANAGING OF MINING WASTE IN UNDERGROUND COAL MINES IN SERBIA Zorica Ivković, Dejan Dramlić, Radmila Kotoran, Jelena Trivan	10
STRATEŠKO ODLUČIVANJE PRI IZBORU NOVIH ROTORNIH BAGERA ZA POVRŠINSKE KOPOVE LIGNITA: PRIMER RUDARSKOG BASENA KOLUBARA / STRATEGIC DECISION IN SELECTION OF NEW BUCKET WHEEL EXCAVATORS FOR OPEN PIT MINES: EXAMPLE FOR KOLUBARA MINING BASIN Predrag Jovančić, Stevan Đenadić, Goran Todorović, Dragan Novaković, Filip Miletić	15
REZULTATI ISTRAŽIVANJA SISTEMA PROVETRAVANJA RUDNIKA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM UGLJA U REPUBLICI SRBIJI / RESULTS OF THE RESEARCH OF VENTILATION SYSTEMS FOR COOL MINE IN THE REPUBLIC OF SERBIA Duško Đukanović	25
UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA PROCES BIOLOŠKE REKULTIVACIJE RUDNIČKIH JALLOVIŠTA THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON THE PROCESS OF BIOLOGICAL RECULTIVATION OF MINING TAILINGS Dragana Ranđelović	32
UTICAJ KRUPNOĆE MATERIJALA U ULAZNOJ RUDI I PROIZVODU MLEVENJA NA VREDNOST BOND-OVOG RADNOG INDEXA KREČNJAKA "CARMEUSE"-DOBOJ / IMPACT OF SIZE OF THE FEED ORE AND FINES PRODUCED BY GRINDING ON THE VALUE THE BOND WORK INDEX OF LIMESTONE FROM "CARMEUSE" DOBOJ Dragan S. Radulović, Vladimir Jovanović, Ljubiša Andrić, Milan Petrov, Dejan Todorović, Marina Blagojev	44
SVOJSTVA PVC-a I PLASTIČNIH MATERIJALA I ZNAČAJ NJIHOVE RECIKLAŽE PVC AND PLASTIC MATERIALS PROPERTIES AND IMPORTANCE OF THEIR RECYCLING Slavica R. Mihajlović, Aleksandra S. Patarić, Nataša, G. Đorđević	55
ILUSTRACIJA PROCENE PREDNOSTI IMPLEMENTACIJE SISTEMA MENADŽMENTA KVALITETOM U RUDARSKIM ORGANIZACIJAMA / ILLUSTRATION OF THE ADVANTAGE OF THE QUALITY SYSTEM IMPLEMENTATION INTO MINING/METALLURGY ORGANIZATIONS Slavica Miletić, Miroslav Ignjatović	61
NOVI MULTIFUNKCIONALNI CuAlAg MATERIJALI KOJI PAMTE OBLIK SA PROMENLJIVIM SADŽAJEM ALUMINIJUMA Zdenka Stanojević Šimšić, Ana Kostov, Slavica Miletić, Emina Požega	70

MOGUĆNOST RAZVOJA TEHNOLOGIJA PRERADE BAZALTA
Marko Pavlović 78

Saopštenja / Contributions

ISPITIVANJA ELEKTRIČNOG I MAGNETSKOG POLJA U OKOLINI PRENOSNIH TRANSFORMATORSKIH
STANICA I RAZVODNIH POSTROJENJA/
*TESTING OF ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS IN THE VICINITY OF TRANSMISSION SUBSTATIONS
AND SWITCHYARDS*

Maja Grbić, Aleksandar Pavlović, Miliša Jovanović, Dejan Hrvić, Sandra Petrović,
Saša Ranđelović 85

ZAŠTITA OD EKSPLOZIJE METANA ILI UGLJENE PRAŠINE U UGLJENIM RUDNICIMA JUŽNE
EVROPE NEKAD I SAD / *PREVENT OF THE SPREAD OF A METHANE GAS OR COAL DUST EXPLOSION
IN THE COAL MINES SOUTH EUROPE IN THE PAST AND TODAY*

Predrag Janošević, Mirko Ivković, Mirza Omerhodžić Klaus Schulte 99

REKULTIVACIJA DEGRADIRANOG ZEMLJIŠTA NASTALOG ODLAGANJEM PEPELA I ŠLJAKE U
„ENERGETIKA“ d.o.o. KRAGUJEVAC / *RECUltIVATION OF DEGRADED LAND CAUSED BY DISPOSAL
OF ASH AND SLAG IN „ENERGETIKA“ d.o.o. KRAGUJEVAC*

Duško Đukanović, Branko Đukić, Nemanja Đokić 109

ZNAČAJ OTVARANJA RUDNIKA “POLJANA” ZA ODRŽAVANJE I RAZVOJ PODZEMNE EKSPLOATACIJE
UGLJA U SRBIJI / *THE IMPORTANCE OF OPENING THE “POLJANA” MINES FOR THE MAINTENANCE
AND DEVELOPMENT OF UNDERGROUND COAL EXPLOITATION IN SERBIA*

Vladimir Todorović, Zorica Ivković, Dražana Tošić 117

TEHNOLOGIJA ZAMENE LEŽAJEVA I SFERNOG LEŽAJA VEŠANJA TRAKE 2 NA ODLAGAČU A2R_sB 7200
(TAKRAF) NA POVRŠINSKOM KOPU UGLJA "DRMNO"

Velimir Spasić, Goran Anđelić, Filip Todorović 125

ANALIZA DISLOKACIJE KONTINUALNOG SISTEMA SA PK „POLJE D“ NA PK „RADLJEVO“ SEVER U
FUNKCIJI KONTINUITETA PROIZVODNJE UGLJA I JALOVINE U KOLUBARSKOM UGLJENOM BASENU

Milan Petrović: Svetolik Simić, Vladan Ivković, Radojica Radojičić, Nebojša Simić 130

KOMPLEKSNOŠT ZAŠTITE I PRIMJENA SAVREMENIH METODA UPRAVLJANJA I NADZORA SISTEMOM
ODBRANE POVRŠINSKOG KOPA „GACKO“ OD VODA / *COMPLEXITY OF PROTECTION AND
APPLICATION OF MODERN METHODS OF MANAGEMENT AND SUPERVISION OVER WATER DEFENCE
SYSTEM OF THE OPEN-CAST- MINE “GACKO”*

Petar Marković, Dušan Govedarica, Aleksandar Ateljević, Ranko Stojanović 137

MOGUĆNOST POVEĆANJA EKSPLOATACIONOG VEKA RUDNIKA
OPPORTUNITIES TO INCREASE THE EXPLOATATION LIFE OF THE MINE

Ivan Filipov 151

<p>PROJEKTOVANE I REALNE MOGUĆNOSTI SEPARACIJE UGLJA U RA "VRŠKA ČUKA" AVRAMICA <i>PROJECTED AND REAL POSSIBILITY OF COAL SEPARATION IN ANTHRACITE COAL MINE "VRŠKA ČUKA" AVRAMICA</i> Jovica Sokolović, Slobodan Mitić, Branislav Stakić, Dejan Ćirić</p>	161
<p>PROCESNI PRISTUP DOLIVANJU GORIVA MAŠINAMA I VOZILIMA POMOĆNE MEHANIZACIJE, PRAĆENJE NJIHOVE POTROŠNJE I EVIDENCIJA UTOŠKA ENERGENATA NA POVRŠINSKOM KOPU UGLJA "DRMNO" / <i>PROCESS APPROACH TO REFUELING MACHINES AND VEHICLES OF AUXILIARY MACHINERY, MONITORING THEIR CONSUMPTION AND RECORDS OF ENERGY CONSUMPTION AT THE SURFACE COAL MINE "DRMNO"</i> Filip Todorović, Stevan Popović</p>	162
<p>MONITORING PRIRODNIH RESURSA U ZONI POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE LIGNITA DALJINSKOM DETEKCIJOM Milislav Tomić; Dejan Kurtov; Tomislav Rikanović; Miodrag Tomić; Aleksandar Radosavljević</p>	167
<p>UTICAJ RUDARSKO-GEOLOŠKIH FAKTORA NA IZBOR MODELA OTKOPAVANJA UGLJENIH SLOJEVA KOMPLEKSNOM MEHANIZACIJOM Halid Čičkušić, Omer Musić, K. Herco</p>	174
<p>EKOLOŠKI RIZICI I BENEFITI TOKOM GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA UGLJA, KOLUBARSKI UGLJONOSNI BASEN / <i>ENVIRONMENTAL RISKS AND BENEFITS OF GEOLOGICAL EXPLORATION OF COAL, COAL BASIN KOLUBARA</i> Bogoljub Vučković</p>	184
<p>ANALIZA MOGUĆIH UTICAJA EKSPLOATACIJE UGLJA U POVRŠINSKOM KOPU POLJE "C" NA ŽIVOTNU SREDINU / <i>ENVIRONMENT FEATURES AND COAL EXPLOITATION IN OPEN PIT "C", KOLUBARA COAL BASIN, WESTERN SERBIA</i> Marina Vučković, Tijana Marinković</p>	193
<p>USMERAVANJE RUDARSKIH RADOVA U TOKU PROCESA EKSPLOATACIJE UGLJA NA PK „POLJE G“ U CILJU EFIKASNIJE HOMOGENIZACIJE I SMANJENJA EKSPLOATACIONIH GUBITAKA <i>DIRECTING MINING WORKS IN THE PROCESS OF COAL EXPLOITATION IN THE PK "G FIELD", FOR THE EFFECTIVE HOMOGENIZATION AND REDUCTION OF EXPLOITATION LOSSES</i> Slobodan Lalatović</p>	201
<p>PROMENE KOJE UTIČU NA KVALITET UGLJA TAMNAVA VEZANOG ZA POSTROJENJE ZA PRIPREMU I OBRADU UGLJA SA AUTOMATSKIM UZIMANJEM UZORAKA / <i>CHANGES AFFECTING THE QUALITY OF TAMNAVA COAL RELATED TO COAL PREPARATION AND TREATMENT PLANT WITH AUTOMATIC COAL SAMPLING</i> Rada Krgović, Jadranka Vukašinović, Vlada Pavlović</p>	215
<p>IDEJNO TEHNIČKO RJEŠENJE POVEĆANJA ISKORIŠĆENJA FRAKCIJE -0,2+0mm NA LINIJI ZA MLJEVENJE BOKSITA U ALUMINI ZVORNIK Miloš Đokanović, Rajko Aleksić</p>	228

PRIJEDLOG TEHNIČKOG RJEŠENJA PROSIJAVANJA FRAKCIJE -30+0mm IZ BOKSITA PRIJE OPERACIJE DROBLJENJA U FABRICI GLINICE ALUMINA ZVORNIK Miloš Đokanović, Radenko Smiljanić, Rajko Aleksić	233
EFEKTI PRIMENE MIKRONIZIRAJUĆEG MLEVENJA NA KVALITET VATROSTALNIH PUNIOCA NA BAZI PIROFILITA, MULITA, KORDIJERITA I CIRKONA Ljubiša Andrić, Dragan Radulović, Marko Pavlović, Marina Dojčinović, Milan Petrov, Zorica Tanasković	238
PONAŠANJE MIKROLEGIRANOG ČELIKA U USLOVIMA DEJSTVA KAVITACIJE Marina Dojčinović, Irena Grigorova, Marko Pavlović, Ljubiša Andrić, Dragan Radulović, Milan Petrov	244
STUDIJA SLUČAJA POVEĆANOG SPECIFIČNOG OTPORA NA KOPANJE JALOVINSKIH SISTEMA POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE – ANALIZA TROŠKOVA PROIZVODNJE USLED LOMA REZNIH ELEMENATA Lazić Marko, Rupar Veljko, Miletić Filip	250

UTICAJ KRUPNOĆE MATERIJALA U ULAZNOJ RUDI I PROIZVODU MLEVENJA NA VREDNOST BOND-OVOG RADNOG INDEXA KREČNJAKA "CARMEUSE"-DOBOJ

IMPACT OF SIZE OF THE FEED ORE AND FINES PRODUCED BY GRINDING ON THE VALUE THE BOND WORK INDEX OF LIMESTONE FROM "CARMEUSE" DOBOJ

Dragan S. Radulović¹, Vladimir Jovanović¹, Ljubiša Andrić¹, Milan Petrov¹, Dejan
Todorović¹, Marina Blagojev¹

¹Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina-ITNMS, BEOGRAD

Abstrakt

U ovom radu prikazani su rezultati određivanja Bondovog radnog indexa krečnjaka iz postrojenja za preradu krečnjaka "Carmeuse"- Ševarlije-Doboj. Bondov radni index je određivan na klasi krupnoće -22+16mm, koja je jedan od proizvoda koji se dobija u postrojenju. Ova klasa je trebalo da predstavlja polaznu sirovinu za postupak mlevenja i proizvodnju punioca pa je stoga bilo bitno da se odredi Bondov radni index kao jedan od najvažnijih parametara usitnjavanja za bilo koju rudu.

Ključne reči: *Bondov radni index, krečnjak, usitnjavanje*

Abstract:

This paper presents the results of determining the Bond work index of limestone from the limestone processing plant "Carmeuse" - Ševarlije-Doboj. The Bond work index was determined on a sample of limestone on the size class -22 + 16mm, which is one of the products obtained in the plant. This class was supposed to be the starting material for the grinding process and the production of fillers. It was therefore essential to determine the Bond work index as one of the most important grinding parameters for any ore.

Key words: *The Bond work index, limestone, comminution*

Uvod

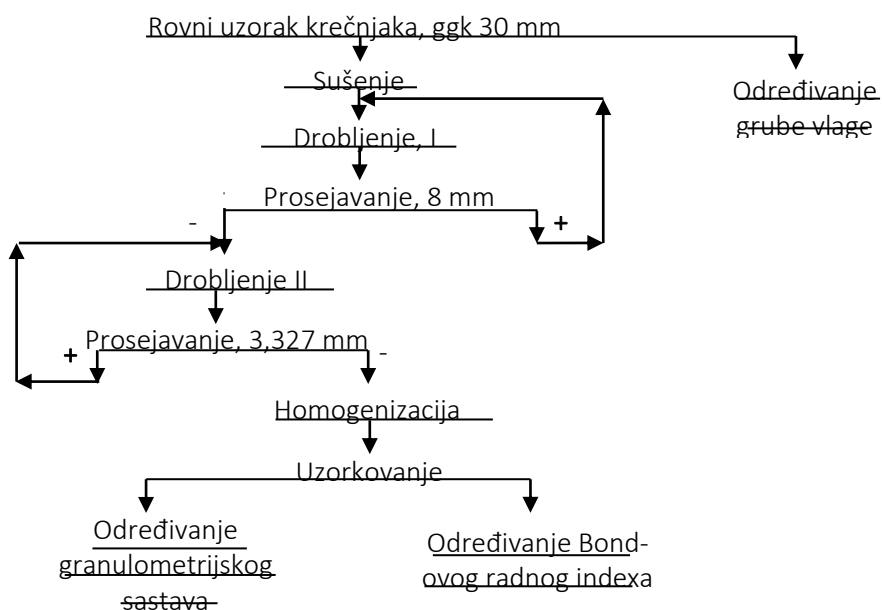
Utrošak električne energije prilikom usitnjavanja je veoma bitan parametar rada svih postrojenja za pripremu mineralnih sirovina. Isto važi i za postrojenja za preradu ruda obojenih metala, zbog velikih količina rude koja se usitjava i prerađuje u njima. Iz tih razloga još polovinom XIX veka pojavile su se prve teorije usitnjavanja koje su pokušale da egzaktno utvrde i definišu parametre rada postrojenja i utroška energije. Teorija usitnjavanja se od svojih početaka, baziranih na matematičkim proračunima i empirijskim formulama bavi odnosom utrošene energije i ostvarenim promenama u krupnoći materijala. Sredinom XX veka Bond je posle dugotrajnog eksperimentalnog rada definisao teoriju usitnjavanja po kojoj je specifična potrošnja energije prilikom usitnjavanja obrnuto

proporcionalna kvadratnom korenu novostvorene specifične površine sirovine. Iz svih gore pobrojanih razloga u postrojenjima za preradu mineralnih sirovina u svetu se u skladu sa promenama karakteristika rude obavlja stalno praćenje promene i određivanje Bondovog radnog indexa kao glavnog parametra koji definiše potrošnju energije prilikom usitnjavanja rude. U ovom radu prikazani su rezultati određivanja Bondovog radnog indexa krečnjaka iz postrojenja za preradu krečnjaka "Carmeuse"- Ševarlije-Doboj. Bondov radni index je određivan na klasi krupnoće -22+16mm, koja je jedan od proizvoda koji se dobija u postrojenju. Ova klasa je trebalo da predstavlja polaznu sirovinu za postupak mlevenja i proizvodnju punioca pa je stoga bilo bitno da se odredi Bondov radni index kao jedan od najvažnijih parametara usitnjavanja za bilo koju rudu.

2. Eksperimentalni rad

2.1. Uzorak rude za određivanje Bondovog radnog indexa

Uzorak krečnjaka dopremljen od strane Investitora za određivanje Bondovog radnog indexa, dopremljen je u dve zapakovane vreće mase oko $m=60\text{kg}$. Kako je uočeno da su vreće orošene (prisutna gruba vlaga u uzorku) uzorak je raspakovan, zatim je iz svakog uzet primarni uzorak za određivanje grube vlage, ostatak od svakog uzorka je homogenizovan i poslat na sušenje u sušaru. Posle sušenja uzorci su ponovo homogenizovani izdrobljeni i zatim su skraćeni metodom četvrtanja i na jednoj polovini su primenjene metode određivanja Bond-ovog radnog indexa, a druga polovina je sačuvana kao rezerva. Pisana šema postupka pripreme uzoraka prikazana je na slici 1.



Slika 1. Pisana šema pripreme rovnog uzorka krečnjaka za ispitivanja i određivanje njegovog Bond-ovog radnog indexa

2. Određivanje grube vlage

Primarnim uzorcima za određivanje grube vlage izmerena je početna masa a zatim posle njihovog odstojevanja na sobnoj temperaturi u vremenu trajanja od $t = 24\text{h}$, ponovo im je izmerena masa. Iz ovih podataka određeno je da je su uzorci krečnjaka koji su dopremljeni u Institut imali sadržaj grube vlage od 1,47%.

3. Određivanje granulometrijskog sastava polaznih uzoraka

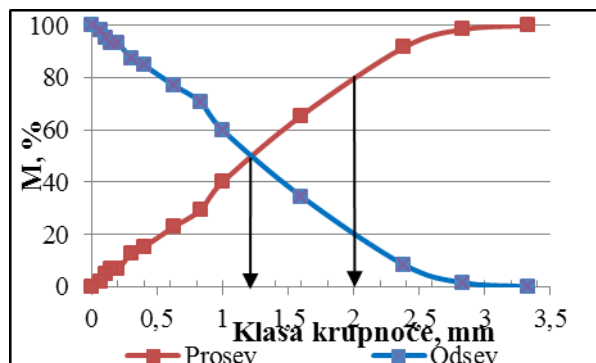
Bond-ov radni index na uzorku krečnjak je određivan na dva komparativna sita otvora $150\mu\text{m}$ i $100\mu\text{m}$. Iz tog razloga za potrebe određivanja Bond-ovog radnog indexa pripremljena su dva uzorka klase krupnoće $-3,327\text{mm}$. Granulometrijski sastav izdrobljenih uzoraka krečnjaka klase $-3,327\text{mm}$ određivan je prosejavanjem na Tyler-ovoj seriji sita. Svi otsevi sita zajedno sa prosevom poslednjeg sita su izmereni, podaci su sredjeni i prikazani u obliku Tabela 1 i 2.

3.1 Granulometrijski sastav polaznog uzorka krečnjaka za određivanje Bond-ovog radnog indexa, komparativno sito $150\mu\text{m}$

Tabela 1. Granulo-sastav polaznog uzorka krečnjaka "Carneus" za određivanje Bondovog radnog indexa na komparativnom situ otvora $150\mu\text{m}$

Klasa krupnoće, mm	M, %	$\Sigma M, \% \downarrow$	$\Sigma M, \% \uparrow$
$-3,327 + 2,83$	1,57	1,57	100,00
$-2,83 + 2,38$	6,92	8,49	98,43
$-2,38 + 1,6$	26,04	34,53	91,51
$-1,6 + 1,00$	25,33	59,86	65,47
$-1,00 + 0,83$	10,79	70,65	40,14
$-0,83 + 0,63$	6,33	76,98	29,35
$-0,63 + 0,40$	7,69	84,67	23,02
$-0,40 + 0,30$	2,60	87,27	15,33
$-0,30 + 0,20$	6,11	93,38	12,73
$-0,20 + 0,15$	0,01	93,39	6,62
$-0,150 + 0,100$	1,88	95,27	6,61
$-0,100 + 0,074$	2,73	98,00	4,73
$-0,074 + 0,00$	2,00	100,00	2,00
Ulaz	100,00		

Na osnovu podataka iz tabela nacrtan je dijagram granulometrijskog sastava polaznog uzorka krečnjaka za određivanje Bond-ovog radnog indexa na komparativnom situ $150\mu\text{m}$ slika 2.



Slika 2. Granulometrijski sastav polaznog uzorka krečnjaka za određivanje Bond-ovog radnog indexa na komparativnom situ 150 μm

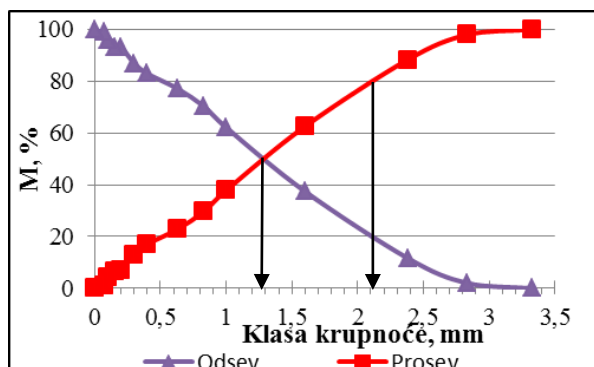
Sa slike 2. se vidi da je d_{80} polaznog uzorka za određivanje Bond-ovog radnog indexa za komparativno sito 150 μm odnosno F iz jednačine za određivanje Bondovog radnog indexa, po metodi Bonda 2,014 mm, dok je d_{50} ili srednji prečnik polazne rude za ove uslove ispitivanja 1,218 mm.

3.2 Granulometrijski sastav polaznog uzorka krečnjaka za određivanje Bond-ovog radnog indexa, komparativno sito 100 μm

Tabela 2. Granulometrijski sastav polaznog uzorka krečnjaka "Carmeus" za određivanje Bondovog radnog indexa na komparativnom situ otvora 100 μm

Klasa krupnoće, mm	M, %	$\Sigma M, \% \downarrow$	$\Sigma M, \% \uparrow$
-3,327 + 2,83	2,09	2,09	100,00
-2,83 + 2,38	9,60	11,69	97,91
-2,38 + 1,6	25,72	37,41	88,31
-1,6 + 1,00	24,73	62,14	62,59
-1,00 + 0,83	8,19	70,33	37,86
-0,83 + 0,63	6,80	77,13	29,67
-0,63 + 0,40	5,81	82,94	22,87
-0,40 + 0,30	4,03	86,97	17,06
-0,30 + 0,20	6,08	93,05	13,03
-0,20 + 0,15	0,22	93,27	6,95
-0,150 + 0,100	2,53	95,80	6,73
-0,100 + 0,074	3,07	98,87	4,20
-0,074 + 0,00	1,13	100	1,13
Ulaz	100,00		

Na osnovu podataka nacrtan je dijagram granulometrijskog sastava polaznog uzorka krečnjaka za određivanje Bond-ovog radnog indexa na komparativnom situ 100 μm slika 3.



Slika 3. Granulometrijski sastav polaznog uzorka krečnjaka za određivanje Bond-ovog radnog indexa na komparativnom situ 100 μm

Sa slike 3. se vidi da je d_{80} polaznog uzorka za određivanje Bond-ovog radnog indexa za komparativno sito 100 μm odnosno F iz jednačine za određivanje Bondovog radnog indexa, po metodi Bonda 2,100 mm, dok je d_{50} ili srednji prečnik polazne rude za ove uslove ispitivanja 1,282 mm.

4. Procedura koja je primenjena za određivanje Bondovog radnog indexa

Ispitivanje meljivosti prema metodi koju je predložio F.C.Bond predviđa sledeće tehničko-tehnološke operacije:

- Uzimanje uzorka,
- Priprema uzorka za opite meljivosti -drobljenje do 3,36 mm (6#),
- Granulometrijska analiza polaznog uzorka,
- Zapreminsko odmeravanje uzorka (0,7 l),
- Opiti meljivosti na usvojenom komparativnom situ,
- Izračunavanje parametara meljivosti u toku opita prema tabeli 1 (G),
- Granulometrijska analiza uzorka iz poslednja tri opita,
- Crtanje dijagrama granulometrijskog sastava polaznog i završnog uzorka (P i F),
- Izračunavanje indeksa meljivosti prema formuli:

$$Wi = 1.1 \frac{44.56}{P_k^{0.23} G^{0.82} \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)}, kWh/t \quad (1)$$

P_k - Komparativno sito, mm

G - Novostvoreni prosev po obrtaju, g/o

P - Veličina otvora sita kroz koje prolazi 80% proseva komparativnog sita, iz poslednjeg opita u μm ,

F - Veličina otvora sita kroz koje prolazi 80% polaznog uzorka čiji se Bondov indeks određuje u μm .

4.1. Granulometrijski sastav proizvoda mlevenja

Prilikom izvođenja opita meljivosti po metodi F.C.Bonda, vrši se stalna kontrola proizvoda mlevenja prosejavanjem na standardnoj seriji Tyler-ovih sita, do utvrđivanja cirkulativne šarže od 250 %, i stalnog sadržaja proseva u zadnja tri opita mlevenja.

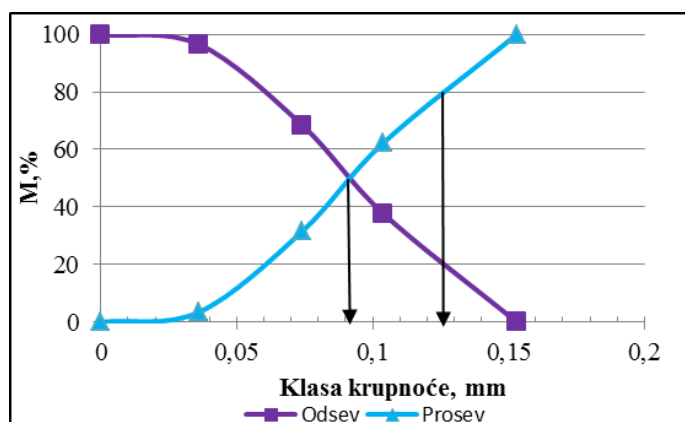
4.1.1. Granulometrijski sastav proizvoda mlevenja zadnja tri opita određivanja Bond-ovog radnog indexa, za komparativno sito 150 μ m

Granulometrijski sastav proseva zadnja tri opita mlevenja dat je u tabeli 3.

Tabela 3. Granulometrijski sastav zadnja tri proseva (-153 μ m) krečnjaka "Carmeuse" iz opita meljivosti po Bondu, komparativno sito 150 μ m

Klasa krupnoće, mm	M, %	Σ M, % \downarrow	Σ M, % \uparrow
-0,153 + 0,104	37,62	37,62	100,00
-0,104 + 0,074	30,89	68,51	62,38
-0,074 + 0,037	28,05	96,56	31,49
-0,037 + 0,00	3,44	100,00	3,44
Ulaz	100,00		0

Na osnovu rezultata granulometrijske analize proizvoda mlevenja zadnja tri opita određivanja Bond-ovog radnog indexa, za komparativno sito 150 μ m, prikazanih u tabeli 3. nacrtan je dijagram granulometrijskog sastava samlevenog uzorka krečnjaka za iste uslove rada, prikazan na slici 4.



Slika 4. Granulometrijski sastav samlevenog uzorka krečnjaka iz poslednja tri opita određivanja Bond-ovog radnog indexa na komparativnom situ 150 μ m

Sa slike 4. se vidi da je d_{80} samlevenog uzorka krečnjaka iz poslednja tri opita određivanja Bond-ovog radnog indexa za komparativno sito 150 μm odnosno P iz jednačine za određivanje Bondovog radnog indexa, po metodi Bonda 126 μm , dok je d_{50} ili srednji prečnik samlevenog uzorka za ove uslove ispitivanja 91,5 μm .

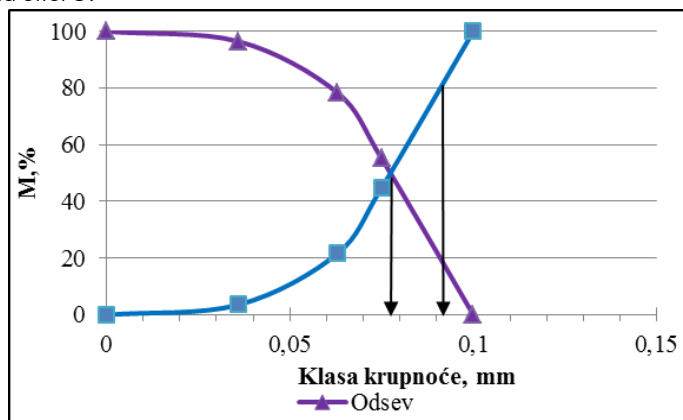
4.1.2. Granulometrijski sastav proizvoda mlevenja za određivanje Bond-ovog radnog indexa, komparativno sito 100 μm

Granulometrijski sastav proseva zadnja tri opita mlevenja dat je u tabeli 3.

Tabela 4. Granulometrijski sastav zadnja tri proseva (-100 μm) krečnjaka "Carmeuse" iz opita meljivosti po Bondu, komparativno sito 100 μm

Klasa krupnoće, mm	M, %	$\Sigma M, \% \downarrow$	$\Sigma M, \% \uparrow$
-0,104 + 0,074	55,13	55,13	100,00
-0,074 + 0,063	23,16	78,29	44,87
-0,063 + 0,037	18,16	96,45	21,71
-0,037 + 0,00	3,55	100,00	3,55
Ulaz	100,00		0

Na osnovu rezultata granulometrijske analize proizvoda mlevenja zadnja tri opita određivanja Bond-ovog radnog indexa, za komparativno sito 100 μm , prikazanih u tabeli 4. nacrtan je dijagram granulometrijskog sastava samlevenog uzorka krečnjaka za iste uslove rada, prikazan na slici 5.



Slika 5. Granulometrijski sastav samlevenog uzorka krečnjaka iz poslednja tri opita određivanje Bond-ovog radnog indexa na komparativnom situ 100 μm

Sa slike 5. se vidi da je d_{80} samlevenog uzorka krečnjaka iz poslednja tri opita određivanja Bond-ovog radnog indexa za komparativno sito 100 μm odnosno P iz jednačine za

određivanje Bondovog radnog indexa, po metodi Bonda 91,5 μm , dok je d_{50} ili srednji prečnik samlevenog uzorka za ove uslove ispitivanja 77,3 μm .

4.2 Podaci o obavljenim ispitivanjima određivanja Bond-ovog radnog indexa za komparativno sito 150 μm

U tabeli 5 prikazani su rezultati izračunavanja Bondovog radnog indexa za komparativno sito 150 μm .

Tabela 5. Podaci za izračunavanje Bondovog radnog indeksa krečnjak, komparativno sito 150 μm

n	P_k , mm	M, g	IPM, g	m_{pu}	N	m_p	m_{pn}	G	C
1	150	1001,63	286,18	66,16551	150	331,79	265,62	1,771	201,89
2	150	1001,63	286,18	21,91733	149	275,51	253,59	1,699	263,55
3	150	1001,63	286,18	18,1996	191	370,37	352,17	1,844	170,44
4	150	1001,63	286,18	24,46584	164	335,28	310,81	1,895	198,74
5	150	1001,63	286,18	22,14787	140	299,66	277,51	1,982	234,26
6	150	1001,63	286,18	19,79489	134	292,51	272,72	2,035	242,43
7	150	1001,63	286,18	19,32258	131	269,78	250,46	1,912	271,28
8	150	1001,63	286,18	17,82108	144	291,32	273,50	1,899	243,82
9	150	1001,63	286,18	19,24397	129	284,95	265,71	2,060	251,51
10	150	1001,63	286,18	18,82318	130	285,77	266,95	2,053	250,50
11	150	1001,63	286,18	18,87735	130	286,18	267,30	2,056	250,00
12	150	1001,63	286,18	18,90443	130	286,18	267,28	2,056	250,00
13	150	1001,63	286,18	18,90443	130	286,18	267,28	2,056	250,00

Legenda:

n-Broj opita; P_k -Komparativno sito, μm ; M-Masa uzorka, g; IPM-Idealni proizvod mlevenja, g; m_{pu} -Masa proseva u ulazu, g; N- broj obrtaja mlina; m_p - masa proseva nakon mlevenja, g; m_{pn} - masa novostvorenog proseva, g; G-Novostvoreni prosev po obrtaju, g/o; C-Kružna šarža, %; Nezatamnjena polja su početne vrednosti, a zatamnjena polja su snimljene vrednosti iz ispitivanja meljivosti

4.3. Podaci o obavljenim ispitivanjima određivanja Bond-ovog radnog indexa za komparativno sito 100 μm

U tabeli 6 prikazani su rezultati izračunavanja Bondovog radnog indexa za komparativno sito 100 μm .

Tabela 6. Podaci za izračunavanje Bondovog radnog indeksa krečnjak, komparativno sito 100 μ m

n	Pk, mm	M	IPM	m_{pu}	N	m_p	m_{pn}	G	C
1	100	1019,22	291,21	42,81785	200	392,12	349,3021	1,746	160
2	100	1019,22	291,21	16,47312	157	303,8	287,3269	1,826	235
3	100	1019,22	291,21	12,76276	152	317,54	304,7772	1,999	221
4	100	1019,22	291,21	13,33999	139	286,11	272,77	1,962	256
5	100	1019,22	291,21	12,0196	142	306,32	294,3004	2,068	233
6	100	1019,22	291,21	12,86863	135	289,97	277,1014	2,059	251
7	100	1019,22	291,21	12,18176	135	295,31	283,1282	2,090	245
8	100	1019,22	291,21	12,40609	133	294,87	282,4639	2,117	246
9	100	1019,22	291,21	12,38761	132	340,82	328,4324	2,494	199
10	100	1019,22	291,21	14,31799	111	238,26	223,942	2,017	328
11	100	1019,22	291,21	10,0094	139	278,3	268,2906	1,924	266
12	100	1019,22	291,21	11,6915	145	306,06	294,3685	2,027	233
13	100	1019,22	291,21	12,85771	137	294,45	281,5923	2,050	246
14	100	1019,22	291,21	12,36997	136	285,7	273,33	2,010	257
15	100	1019,22	291,21	12,00237	139	297,82	285,8176	2,057	242
16	100	1019,22	291,21	12,51154	135	287,13	274,6185	2,027	255
17	100	1019,22	291,21	12,06245	138	290,03	277,9676	2,019	251
18	100	1019,22	291,21	12,18428	138	291,21	279,0257	2,019	250
19	100	1019,22	291,21	12,23385	138	291,21	278,9761	2,019	250
20	100	1019,22	291,21	12,23385	138	291,21	278,9761	2,019	250

4.4. Izračunavanje Bondovog radnog indeksa, komparativno sito 150 μ m

- $P=126 \mu\text{m}$
- $P_k=150 \mu\text{m}$
- $G=2,056 \text{ g/obrtaju}$
- $F=2014 \mu\text{m}$

$$Wi = 1.1 \frac{44.56}{P_k^{0.23} G^{0.82} \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)} = 12,8167(\text{kWh/t})$$

Izračunata vrednost Bond-ovog radnog indexa za komparativno sito 150 μ m iznosi $Wi=12,8167 \text{ kWh/t}$.

4.5. Izračunavanje Bondovog radnog indeks, komparativno sito 100 μ m

- $P=91,5 \mu\text{m}$
- $P_k=100 \mu\text{m}$
- $G=2,019 \text{ g/obrtaju}$
- $F=2100 \mu\text{m}$

$$Wi = 1.1 \frac{44.56}{P_k^{0.23} G^{0.82} \left(\frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)} = 11,57 \text{ (kWh/t)}$$

Izračunata vrednost Bond-ovog radnog indexa za komparativno sito 100 μ m iznosi $Wi=11,57 \text{ kWh/t}$.

4.6. Izračunavanje srednje vrednosti Bondovog radnog indeks, na dva komparativna sita (150 i 100 μ m)

$$Wi_{sr} = \frac{\sum Wi}{2} = \frac{12,8167 + 11,57}{2} = 12,193 \text{ kWh/t}$$

5. Zaključak

U ranijim ispitivanjima, eksperimentalno je bilo opaženo da je u procesu usitnjavanja promena krupnoće sirovine proporcionalna utrošenoj energiji po jedinici mase, kao i da je potrebna energija da se izazove relativno ista promena krupnoće obrnuto proporcionalna početnoj krupnoći sirovine. Ispitivanja koja su izvedena, u okviru ovog rada, imala su za cilj definisanje optimalnih radnih parametara tehnološkog postupka pri kojem dolazi do najracionalnijeg korišćenja energije za usitnjavanje. U dosadašnjoj teoriji i praksi usitnjavanja uobičajeno je da se Bondov radni index određuje za polaznu rovnu sirovinu. U ovom slučaju ukazala se potreba da se odredi ovaj parameter za određenu klasu krupnoće (-22,00+16,00 mm) koja je nastala postupkom drobljenja i prosejavanja u pogonu za preradu krečnjaka Carmeuse "Ševarlije"-Doboj (BiH). Ova klasa krupnoće je trebalo da predstavlja polaznu sirovinu za dobijanje punioca postupkom mikronizirajućeg mlevenja, pa je stoga i bilo važno da se za nju odredi Bondov radni index.

U obavljenim ispitivanjima dobijene su različite vrednosti Bondovog radnog indexa za uzorak klase krupnoće -22,00+16,00mm, pri različitim otvorima komparativnog sita (150 i 100 μ m). Definitivna vrednost Bondovog radnog indexa za ovu klasu krupnoće dobijena je kao aritmetička sredina ove dve vrednosti. Ova ispitivanja finansijski je podržao Rudnika krečnjaka Carmeuse Ševarlije -Doboj (BiH), iz razloga što su obavljenim ispitivanjima dobijeni rezultati na osnovu kojih je proistekao novi tehničko- tehnološki postupak. Naime, ovim ispitivanjima omogućeno je da se u preradi krečnjaka u postrojenju Carmeuse osim

drobljenja i klasiranja, primeni i mikronizacija za dobijanje punioca koji imaju široku primenu u velikom broju različitih industrijskih grana. Samim tim, ova ispitivanja su pokazala da je novoosvojeni tehničko- tehnološki postupak primenljiv i da u velikoj meri popravlja performanse procesa prerade rude „Rudnika krečnjaka Carmeuse”.Osim toga, što ova ispitivanja omogućavaju praćenje utroška energije u postupcima drobljenja i mlevenja rude, ona obezbeđuju i primenu energetske efikasne pristupa procesu proizvodnje u “Rudniku krečnjaka Carmeuse”.

6. Literatura

1. M. Ilić, S. Karamata,: “Specijalna mineralogija, I deo”, Beograd, 1978.
2. M. Ilić,: “Specijalna mineralogija, II deo”, Beograd, 1978.
3. CHU-WEN G., LU D., 2007, Energy Consumption in Comminution of Mica with Cavitation Abrasive Water Jet, Journal of China University of Mining & Technology, vol.17, no.2, pp.0251-0254
4. RADZISZEWSKI P., 2013, Energy recovery potential in comminution processes, Minerals Engineering, 46-47, pp.83-88
5. FUERSTENAU D.W., ABOUZEID A.-Z.M., 2002, The energy efficiency of ball milling in comminution, Int. J. Miner. Process., 67, pp.161-185
6. MUDZE T., 2016, Modelling the stress behaviour in particle bed comminution, International Journal of Mineral Processing, article in press
9. Nedeljko Magdalinović, Comminution and classification of mineral resources, Technical Faculty at Bor, Bor 1985.
10. STAMBOLIADIS E.T., 2006, The energy distribution theory of comminution specific surface energy, mill efficiency and distribution mode, Minerals Engineering, 20, pp. 140-145
11. LIU X., ZHANG M., HU N., YANG H., LU J., 2016, Calculation model of coal comminution energy consumption, Minerals Engineering, 92, pp.21-27
12. BOND F.C., 1952, The third theory of comminution, Trans Am. Inst. Min. Eng., 193, 484-494.
13. AUSTIN L.G., 1973, A Commentary on the Kick, Bond and Rittinger Laws of Grinding, Powder Technology, 7, pp. 315-317
14. SADRAI S., MECH J.A., TROMANS D., SASSANI F., Energy efficient comminution under high velocity impact fragmentation, Minerals Engineering, 24, pp. 1053-1061
15. MAXSON W.L., CADENA F. AND BOND F.C., 1933, Grindability of Various Ores. Transactions American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Vol. 112, P. 130.
16. BOND F.C., 1949, Standard grindability test tabulated, Trans Am. Inst. Min. Eng., 183, 313.
17. BOND F.C., 1961. Crushing and grinding calculation part I and II. British Chemical Engineering 6 (6 and 8),378-385 & 543-548.
18. POWELL M.S., MORRISON R.D., 2006, The future of comminution modeling, Int. J. Miner. Process., 84, pp. 228-239
19. AHMADI R., HASHEMZADEHFINI M., PARIAN M.A., 2013, Rapid determination of Bond rod-mill work index by modeling the grinding kinetics, Advanced Powder Technology, 24, pp. 441-445

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

622(082)

502/504(082)

СИМПОЗИЈУМ са међународним учешћем "Рударство" (11 ; 2020 ; Врњачка Бања)

Zbornik radova = Proceedings / 11. simpozijum sa međunarodnim učešćem "Rudarstvo 2020", Vrnjačka Banja 8. - 11. septembar 2020. = 11st [i.

e.11th] Symposium with International Participation "Mining 2020" ; [urednik, editor Miroslav Ignjatović] ; [organizatori Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina [i] Privredna komora Srbije]. - Beograd : Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, 2020 (Beograd : Akademska izdanja). - 243 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 180. - Bibliografija uz većinu radova. - Abstracts.

ISBN 978-86-82867-28-9

1. Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина (Београд) 2. Привредна комора Србије (Београд)

а) Рударство - Зборници б) Животна средина - Заштита - Зборници

COBISS.SR-ID 19693065